

Farklı Polimerizasyon Prosedürleri ve Yaşlandırma İşleminin İndirekt Kompozit Rezinlerin Yüzey Mikrosertlikleri Üzerine Etkisi

Effect of Different Polymerization Procedures and Aging on Surface Microhardness of Indirect Resin Composites

Dr. Öğr. Üyesi Selin POLATOĞLU

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar
ORCID ID: 0000-0001-8368-277X

Prof. Dr. Duygu TUNCER

Lokman Hekim Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara
ORCID ID: 0000-0003-1623-8892

Uzm. Dt. Hilal YİĞİT ÜNVER

Restoratif Diş Tedavisi Uzmanı, Özel Klinik, Ankara
ORCID ID: 0000-0003-4351-3239

Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Kırıkkale
ORCID ID: 0000-0002-5936-0196

Geliş tarihi: 19.02.2025

Kabul tarihi: 24.02.2026

doi: 10.5505/yeditepe.2026.09825

Yazışma adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Selin POLATOĞLU
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi
Anabilim Dalı, Afyonkarahisar
Adres: Güneşevler, İsmet İnönü Caddesi No:4
03030 Afyonkarahisar
Tel: +90 539 851 82 10
E-posta: selinnpolatoglu@gmail.com

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı polimerizasyon prosedürlerinin indirekt kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliğine etkisini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada dört adet kompozit rezin kullanıldı: Filtek Z-250 (mikrohibrit kompozit rezin, 3M ESPE), GrandioSO (nanohibrit kompozit rezin, Voco), Ceramage (mikrohibrit indirekt kompozit rezin, Shofu), Gradia Plus (nanohibrit indirekt kompozit rezin, GC). Her kompozit rezin için halka teflon kalıp (2 mm-kalınlık, 10 mm-çap) kullanılarak 24 adet örnek hazırlandı. Kompozit grupları polimerizasyon prosedürüne göre iki alt gruba ayrıldı (n=12); Labolight Duo çift modlu ışık cihazı (GC) ve Elipar S10 LED ışık cihazı (3M ESPE). Örnekler alüminyum oksit diskler kullanılarak polisajlandı (Supersnap, Shofu). Vickers yüzey mikrosertliği (HVM 2000, Shimadzu, Kyoto, Japan) 50 gr yükü 15 sn süreyle üç ölçüm yapılarak belirlendi. Başlangıç ölçümlerinden sonra, örnekler 5000 adet termal siklus (5-55°C) uygulandı. Daha sonra, mikrosertlik ölçümleri tekrarlandı. Veriler tekrarlı ölçümlerde varyans analizi (ANOVA) kullanılarak değerlendirildi. Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni test kullanıldı (p<0,05).

Bulgular: Başlangıç ölçümlerinde Elipar ve Labolight grupları arasında Filtek z250 ve GrandioSO kompozit gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05). Başlangıçta, Ceramage ve Gradia Plus gruplarının mikrosertlik değerleri benzer bulunurken (p>0,05), her iki polimerizasyon prosedüründe de tüm kompozit grupları arasındaki farklar anlamlıydı (p<0,05). Termal siklus sonrasında Ceramage dışındaki tüm materyal gruplarında iki polimerizasyon prosedürü arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p<0,05). Labolight ile polimerize edilen Gradia Plus kompozit grubunun termal siklus sonrası mikrosertlik değerleri başlangıça göre anlamlı olarak daha düşük bulundu (p<0,05).

Sonuç: Bu in vitro çalışmanın sınırları dahilinde, farklı polimerizasyon prosedürlerinin ve yaşlandırmanın kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliği üzerine etkisi olduğu sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: İndirekt kompozit rezinler, mikrosertlik, polimerizasyon prosedürleri, termal yaşlandırma.

ABSTRACT

Aim: This study aimed at evaluating how different polymerization methods influence the surface microhardness of indirect resin composites.

Materials and Method: In this study, four resin composites were used: Filtek Z-250 (3M ESPE), GrandioSO (Voco), Ceramage (Shofu), Gradia Plus (GC). Twenty four specimens were prepared for each resin composites using teflon ring mold (2 mm-thickness, 10 mm-diameter). Resin composite groups

were divided into two subgroups according to polymerization procedures (n=12); Labolight Duo dual mode light curing unit (GC) and Elipar S10 LED device (3M ESPE). Specimens were polished using an aluminium oxide disc (Supersnap, Shofu). Vickers surface microhardness (HMV 2000, Kyoto, Japan) was determined by performing three indentations with 50 gr load for 15 seconds. After baseline measurements, the specimens were thermocycled for 5000 cycles (5°C-55°C). Then, surface microhardness values were remeasured. The data were evaluated by using analysis of variance for repeated measures (ANOVA). Multiple comparisons were evaluated Bonferroni test ($p<0.05$).

Results: At the baseline measurements, significant differences between Elipar and Labolight groups were observed for Filtek Z250 and GrandioSO ($p<0.05$). While Ceramag and Gradia Plus showed comparable microhardness values at baseline ($p>0.05$), both polymerization procedures showed statistically significant differences among the other composite groups ($p<0.05$). After thermocycling, significant differences between the two polymerization procedures were observed for all resin composite materials except Ceramag ($p<0.05$). Gradia Plus polymerized with Labolight had significantly lower microhardness values after thermocycling compared with baseline ($p<0.05$).

Conclusion: According to this in vitro study, it was concluded that different polymerization procedures and aging affected the surface microhardness of resin composites.

Keywords: Indirect resin composites, microhardness, polymerization procedures, thermal aging.

GİRİŞ

Günümüzde diş hekimlerinin öncelikli amacı estetik ve klinik olarak kabul edilebilir performans gösteren restorasyonlar yapmaktır. Kompozit rezinler, hem anterior hem posterior bölgede sıklıkla kullanılan restoratif materyallerdir. Bu nedenle estetik ve fizikomekanik özellikleri geliştirilmiş, direkt ve indirekt uygulamalarda, yaygın olarak kullanılmaktadır. Restorasyonların elde edilmesinde, indirekt teknik, direkt teknikle yapılan restorasyonlara göre bazı avantajlara sahiptir. Direkt teknik kullanılarak yapılan restorasyonlarda; ideal kontakt-kontur formu, oklüzal anatominin oluşturulmasındaki zorluklar, renk stabilitesinin sağlanamaması, ideal marjinal uyumun elde edilememesi, izolasyon güçlüğü ve çalışma zamanının uzunluğu gibi bazı problemler mevcuttur.^{1,2} Bir diğer dezavantajı ise, kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesi sonucu, rezin ile kavite duvarları arasındaki stresin marjinal aralığa ve buna bağlı post-operatif hassasiyete neden olmasıdır.³

Bununla birlikte, kompozit rezinlerin monomer dönüşüm derecesi; materyalin su emme, renk stabilitesi, aşınma direnci ve yüzey mikrosertliği gibi özelliklerini değiştirebilir ve bu durum materyallerin fiziksel ve biyolojik özelliklerini etkileyebilir.⁴ İndirekt kompozit rezinlerin ağız dışında ve laboratuvar ortamında polimerize edilmesi optimal monomer dönüşüm derecesi sağlamaktadır.

Direkt ve indirekt kompozit rezinler temelde benzer formülasyonlara sahip materyallerdir. Üretici firmalara göre hem direkt hem de indirekt teknik ile yapılan restorasyonlarda kullanılmaktadır. Polimerizasyon prosedürleri ve cihazlar, bu materyallerin klinik davranışlarında etkili olmaktadır.⁵ Bunun yanı sıra, ışık, ısı, vakumlu basınç veya bunların kombinasyonu şeklinde olan çeşitli polimerizasyon prosedürleri de indirekt restorasyonların yapımında kullanılmaktadır.

İndirekt kompozit rezinler geleneksel ışık cihazlarıyla polimerize edilebilmelerine rağmen, günümüzde Light Emitting Diode (LED) ışık yayabilen laboratuvar polimerizasyon üniteleri de geliştirilmiştir. Üretici firmaların birden fazla dalga boyuna sahip (mavi/mor) olarak ürettiği bu LED polimerizasyon üniteleri, yüksek güç çıkışı ve farklı polimerizasyon modları ile rezin materyallerin optimal polimerizasyonunu sağladığı bildirilmektedir.⁵

Yapılan araştırmalarda, oral çevreyi taklit edebilmek ve restoratif materyallerdeki değişimleri inceleyebilmek için yaşlandırma protokolleri uygulanmaktadır. Değişen sürelerde distile su içerisinde bekletme, fırçalama simülatörü, yapay tükürük içerisinde bekletme, kromojen sıvılarda bekletme, çiğneme simülatörü, asit ortamında bekletme, termal siklus ve termodinamik yükleme in vitro çalışmalarda sıklıkla kullanılan yaşlandırma prosedürleri arasında sayılabilir.⁶ Materyallerin zaman içerisinde değişen fiziksel ve mekanik özelliklerini inceleyebilmek için in vitro ortamda yapılabilen yaşlandırma protokolleri son derece önem taşımaktadır.

İndirekt kompozit rezinlerin güncelliğini sürdürmesi ve kullanım alanlarının yaygınlaşmasıyla birlikte araştırmalar, geleneksel ve laboratuvar polimerizasyon cihazlarının bu restoratif materyallerin renk stabilitesi, sertliği, esneme dayanımı gibi özellikleri üzerine araştırmaya odaklanmışlardır.^{5,7,8}

İndirekt polimerizasyon üniteleri ek maliyet gerektirmesi ve kliniklerde her zaman mevcut olmaması nedeniyle sınırlılıklar taşımaktadır. Buna karşılık geleneksel polimerizasyon cihazlarının yaygın olarak bulunması ve tek cihazla iki restoratif tekniğin de uygulanabilmesine olanak sağlaması önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Ancak, farklı polimerizasyon tekniklerinin indirekt rezin restorasyonların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi halen tartışmalı bir konudur. Bu çalışmanın amacı, geleneksel ve laboratuvar LED polimerizasyon cihazları ile polimerize edilen indirekt kompozit rezinlerin yüzey

mikrosertliğini, termal siklusla yaşlandırma prosedürünün etkisiyle birlikte değerlendirmektedir.

Test edilen sıfır hipotezler “polimerizasyon prosedürünün indirekt kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliği üzerine etkisi yoktur” ve “yaşlanma prosedürü, test edilen materyallerin mikrosertlik değerlerini etkilememiştir” şeklindedir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan kompozit rezinler, materyal kompozisyonları ve parti numaraları Tablo 1’de gösterilmektedir. Polimerizasyon üniteleri, üretici firma ve polimerizasyon prosedürleri Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kompozit rezinler, üretici firmaları, formülasyon ve parti numaraları

Materyal Adı	Üretici Firma	Matris Kompozisyonu (Ağırlıkça Yüzde)	Parti Numarası
Filtek Z250 (Mikrohibrit)	Solventum, Minnesota, ABD	BIS-GMA, UDMA ve BIS-EMA rezinleri, zirkonyum silikat, inorganik doldurucu içeriği (%76)	NA14156
Gradia Plus (Nanohibrit)	GC, Tokyo, Japonya	UDMA, dimetakrilat, inorganik doldurucular (%71), prepolymerize fotobaslatıcılar, stabilizatörler, pigmentler.	1901151
Ceramage (Mikrohibrit)	Shofu, Kyoto, Japonya	UDMA, UDA, zirkonyum silikat, pigmentler ve inorganik doldurucu (%73), fotobaslatıcılar, stabilizatörler.	121828
GrandioSO (Nanohibrit)	Voco, Cuxhaven, Almanya	BIS-GMA, BIS-EMA, TEGDMA, cam seramik ve silikon dioksit - nanopartiküller, inorganik doldurucular (%89)	1921607

Tablo 2. Polimerizasyon cihazları, üretici firmaları ve detayları ve polimerizasyon prosedürleri.

Polimerizasyon Ünitesi	Üretici Firma	Işık Kaynağı, Dalga Boyu ve Süresi	Seri Numarası
Elipar S10	Solventum, Minnesota, ABD	1200mW/cm ² , 430-480nm 5, 10, 15, 20 sn, devamlı mod (120 sn)	939123015874
Labolight Duo	GC, Tokyo, Japonya	12 Mavi LED: 465-485 nm 3 Mor LED: 390-400 nm Başlangıç modu 10 sn Tam mod 1, 1.5, 3, 5 dakika	00922

A2 renginde dört farklı kompozit rezinden [(Filtek Z250, Solventum), (Gradia Plus, GC), (Ceramage, Shofu), (GrandioSO, Voco)], teflon kalıp kullanılarak (2 mm kalınlık, 10 mm çap), toplam 96 adet örnek hazırlandı ve polimerizasyon prosedürlerine göre 2 alt gruba ayrıldı (n = 12). Her kompozit rezin grubunda, örneklerin yarısı kablosuz LED ışık cihazı (Elipar S10, Solventum, Minnesota, ABD), diğer yarısı ise LED laboratuvar polimerizasyon cihazı (Labolight Duo, GC, Tokyo, Japonya) ile polimerize edildi. Kompozit rezin ağız spatülü yardımıyla teflon bir kalıba yerleştirildi (2 mm kalınlık, 10 mm çap), bir selüloid bant ile örtüldü. Kalıbın üzerine 1 mm’lik mikroskop camı yerleştirildi ve hafif parmak basıncı uygulanarak fazla materyalin uzaklaşması sağlandı.

Başlangıç polimerizasyonu için Elipar S10 kullanılan gruplarda 20 sn ışık uygulandı, selüloid bant ve mikroskop camı uzaklaştırıldı ardından polimerizasyon 3 dk’ya tamamlandı. Labolight Duo gruplarında ise başlangıç modu ile 10 sn ışık uygulandı selüloid bant mikroskop camı uzaklaştırıldıktan sonra polimerizasyon 3 dk’ya tamamlandı.

Polimerize edilen örnekler kalıpların içerisinden çıkarıldı ve 37°C’de 24 saat distile suda saklandı. Örneklerin, bitir-

me ve polisaj işlemleri alüminyum oksit disk kullanılarak tamamlandı (Supersnap, Shofu, Kyoto, Japonya). Örnekler standardizasyonu sağlamak adına, tek bir araştırmacı tarafından gerçekleştirildi.

Örneklerin yüzey sertlik ölçümleri, Vickers mikrosertlik cihazı ile (HMV 2000, Shimadzu, Kyoto, Japonya), 15 saniye boyunca 50 gr yük ile üç başlangıç noktası belirlenerek yapıldı. Başlangıç ölçümlerden sonra, örnekler termal siklus cihazında (Esetron Termal Siklus Cihazı, Esetron Mekatronik, Türkiye) 5°C-55°C arasında 5000 kez termal döngüye tabi tutuldu. Daha sonra yüzey mikrosertlik değerleri yeniden ölçülerek kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler, SPSS 18.0 programı (SPSS, Şikago, IL, ABD) ile değerlendirildi. İstatistiksel yöntem olarak tekrarlayan ölçümler için varyans analizi (ANOVA) tercih edildi. Gruplar arasında çoklu karşılaştırmalar Bonferroni testi ile yapıldı (p<0,05).

BULGULAR

Örneklerin başlangıç ve termalsiklus sonrası mikrosertlik değerleri Tablo 3’te sunulmaktadır.

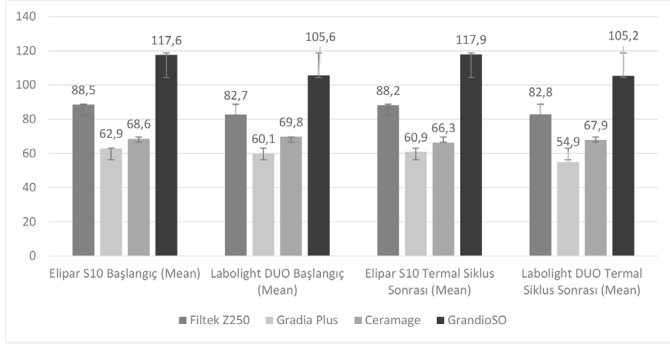
Tablo 3. Bu çalışmada test edilen grupların Vickers Mikrosertlik Değerleri (VHN ± SD)

Kompozit Resin	Başlangıç			Termal Siklus Sonrası			Başlangıç / Termal Siklus	
	Elipar S10	Labolight Duo	p Değeri	Elipar S10	Labolight Duo	p Değeri	p Değeri	
							Elipar S10	Labolight Duo
Filtek Z250	88,5 (11,3)	82,7 (3,1)	0,023	88,2 (10,3)	82,8 (3,3)	0,029	0,750	0,962
Gradia Plus	62,9 (5,9)	60,1 (3,8)	0,255	60,9 (6,4)	54,9 (2,1)	0,013	0,070	<0,001
Ceramage	68,6 (3,4)	69,8 (6,4)	0,637	66,3 (4,2)	67,9 (5,1)	0,506	0,035	0,085
GrandioSO	117,6 (4,6)	105,6 (6,0)	<0,001	117,9 (5,7)	105,2 (6,7)	<0,001	0,810	0,671
p değeri	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001			

*p<0,05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmektedir.

Filtek Z250 ve GrandioSO gruplarının başlangıç ölçümlerinde, Elipar S10 ve Labolight Duo polimerizasyon cihazları arasında anlamlı farklılık bulundu (p<0,05). Termal siklus sonrası Ceramage grubu hariç bütün materyal gruplarında elde edilen fark anlamlıydı (p<0,05). Yaşlandırma prosedürüne göre Elipar S10 ile polimerize edilen Ceramage gruplarında ve Labolight Duo ile polimerize edilen Gradia Plus gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardı (p<0,05). Ceramage ve Gradia Plus benzer mikrosertlik değerlerine sahipken, başlangıçta her iki polimerizasyon prosedüründe diğer tüm kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05). Termal siklustan sonra, her iki polimerizasyon prosedüründe de tüm kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05). Labolight ile polimerize edilen Gradia Plus grubu, termal siklustan sonra başlangıç değerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük mikrosertlik değerlerine sahipti (p<0,05). Çalışmada test edilen grupların, yaşlan-

dırma öncesi sonrası Vickers mikrosertlik değerleri grafikte gösterildi (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada test edilen grupların başlangıç ve termal siklus sonrası Vickers mikrosertlik değerleri.

TARTIŞMA

Bu in vitro çalışmada, geleneksel ve laboratuvar polimerizasyon cihazlarıyla polimerize edilen indirekt kompozit rezin restorasyonların yüzey mikrosertliği, termal siklusla yaşlandırma eşliğinde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, rezin restoratif materyallerin yüzey mikrosertliğinin polimerizasyon prosedüründen etkilendiğini ve ilk hipotezin reddedildiğini göstermiştir. Ayrıca uygulanan yaşlandırma prosedürünün yüzey mikrosertliğini etkilediği görülmüş ve ikinci hipotez de reddedilmiştir.

Çalışmamız esas olarak farklı polimerizasyon tekniklerinin ve yaşlandırma işleminin test edilen kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliği üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Kompozit rezinlerin yaşlandırma işlemleri için yaygın olarak kullanılan termal siklus tercih edilmiştir. Termal siklus, ağız içindeki hidrolitik ve termal bozunmanın bir kombinasyonu sağlanarak materyaller üzerinde uygulanan yaşlandırma yöntemidir.⁹ Bu in vitro çalışmada, Elipar S10 ile polimerize edilen GrandioSO ve Filtek Z250 grupları termal siklustan sonra yüzey mikrosertlik değerlerinin arttığı görülmüştür. Labolight Duo ile polimerize edilen Gradia Plus örnekleri ise yaşlandırma işleminden sonra düşüş göstermiştir. Bu sonuç dikkat çekici olmuştur. Beun ve ark.'nın¹⁰ çalışmalarında belirttiği gibi, bu durum termal siklus sonrası başlangıç mikrosertlik değerlerinin artışı 55°C'deki su banyosunun yüzeyin daha fazla polimerleşmesine katkıda bulunmasından kaynaklı olabilir.

Bu in vitro çalışmada hem Elipar S10 hem de Labolight Duo polimerizasyon cihazları indirekt kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliğini değişen derecelerde etkilemiştir. Literatürde yapılan bir çalışmada, beş farklı indirekt polimerizasyon cihazı kullanılarak, Ceramagic İnsizal, Gradia Plus, SR Nexco Paste indirekt kompozit rezinlerin dönüşüm dereceleri, mikrosertlik, esneme dayanımı ve elastik modülleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre farklı polimerizasyon cihazlarının kompozit rezinlerin mekanik özellikleri, dönüşüm derecesi ve yüzey mikrosertliği üzerindeki etkilerini araştırmış ve sonuçların materyallerin doldurucu oranlarına bağlı değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.¹¹

Souza ve ark.⁹ yaptığı bir çalışmada dört farklı indirekt kompozit rezinin farklı polimerizasyon cihazlarında polimerizasyonu sonrası, termal siklusun Vicker's yüzey mikrosertliğine ve esneme mukavemeti üzerine etkisini incelemiştir. Termalsiklus sonrası mikrosertlik değerlerinde önemli değişiklik bulunmamış, ancak ilginç bir şekilde, yalnızca Sinfony grubunda önemli ölçüde daha yüksek sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir. Bu durum polimerizasyon cihazlarının, polimerizasyon modlarına veya matriks monomer tipine atfedilmiştir.⁹

Çalışmamızda Filtek Z250 ve GrandioSO grupları LED laboratuvar polimerizasyon cihazı ile polimerize edildiğinde daha düşük yüzey mikrosertlik skorları göstermiştir. Maruz kalma süresi her iki teknikte de 3 dakika süreyle standardize edilmiş ve indirekt restorasyonların polimerizasyon sonrası klinik durumları taklit edilmeye çalışılmıştır. Literatürde polimerizasyon teknikleri ve yüzey mikrosertliklerini karşılaştıran yayınlarda farklı sonuçlar bildirilmiştir. Kompozit rezinlerin üç farklı polimerizasyon yöntemi ile polimerize edildiği bir çalışmada materyallerin Vickers mikrosertlikleri incelenmiş ve kompozit rezinlerin yapısal özelliklerine bağlı olarak gruplarda değişken sonuçlar rapor edilmiştir.¹² Manhart ve ark.¹³ ilave polimerizasyonun çapraz bağları çoğaltabileceğini ve polimer matriksin sertliğini artırabileceğini belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada Miranda ve ark.¹⁴ düşük doldurucu içerikli indirekt kompozit rezinlerin polimerizasyonundan sonra, yüksek yüzey mikrosertlik değerleri elde etmişler ve polimerizasyon yönteminin indirekt kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliği açısından önemli bir rol oynayabileceğini öne sürmüşlerdir. Kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliğinin polimerizasyon tekniği ve kompozit rezinlerin kompozisyonlarına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini düşünüyoruz.

Bu çalışmada Gradia Plus-Labolight Duo gruplarında ve Ceramagic-Elipar S10 gruplarında yaşlandırma işlemi, post-polimerizasyon yönteminden bağımsız olarak indirekt kompozit rezinlerin mikrosertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüşe yol açmıştır. Literatürde benzer şekilde bir sonuç, Alves ve ark.¹⁵ 24 saat ve 10 ay süreyle suda beklettikleri bir indirekt kompozit rezini değerlendirmiş ve yaşlanmadan sonra daha düşük mikrosertlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu sonucun, polimer yapının su emmesi ve zayıflaması ile ilgili olabileceği şeklinde açıklamışlardır.¹⁰

Yıllar içinde 360-560 nm dalga boyu aralığında çalışan çeşitli cihazların kullanımıyla fotopolimerizasyon gerçekleştirilmiştir.¹⁶ Elipar S10 LED polimerizasyon cihazı, kompozit rezinlerde en sık kullanılan fotobaşlatıcı olan kamforokininonun etki spektrumu ile uyumlu emisyon aralığına sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir.^{17,18} İndirekt polimerizasyon cihazı seçiminde ise yaygın klinik ve laboratuvar uygulamaları nedeniyle Labolight Duo cihazı seçilmiştir. Literatürde Labolight Duo'nun 3 dk'lık polimerizasyon

süresiyle kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Mayinger ve ark.¹¹ farklı polimerizasyon cihazlarının dönüşüm derecesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında bu protokolü uygulamışlardır. Benzer şekilde, farklı içecek türlerinin kompozit rezinlerinin fiziksel ve biyolojik özellikleri üzerine etkisini inceleyen bir başka in vitro çalışmada Labolight Duo 3 dk süreyle uygulanmıştır.¹⁹ Çalışmamızda literatürdeki bu veriler ışığında polimerizasyon süresini 3 dk olarak sabit tutulmuştur.

Literatür incelendiğinde, kompozit rezinlere, oral çevreyi taklit edebilmek için bazı yaşlandırma prosedürleri uygulandığı görülmektedir. Bu çalışmada, termal siklus ile yaşlandırma prosedürü kullanılmış ve kompozit rezinlerin yüzey mikrosertliği üzerine etkileri incelenmiştir. Kompozit rezinlerin yüzey özelliklerinin değişimi hakkında daha çok bilgiye ulaşabilmek için farklı yaşlandırma prosedürleri, fiziksel ve mekanik özellikleri için ısı, basınç, vakum gibi ilave polimerizasyon prosedürleri üzerinde daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

Çalışmanın kısıtlılıkları bulunmaktadır. Bu çalışmada iki polimerizasyon cihazı değerlendirilmiştir. İndirekt restorasyonlarda hangi polimerizasyon prosedürünün yüzey mikrosertliğini iyileştirebileceğine karar verebilmek için ısı, vakum basınç gibi sistemlerin çalışılmasına da ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, farklı yaşlandırma prosedürlerinin materyaller üzerinde davranışları da incelenmelidir. Bu in vitro çalışmanın, literatüre ve klinik pratiğimize katkısı açısından in vivo çalışmalarla desteklenmelidir.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırlamaları dâhilinde, klinik uygulamalarda yeni nesil LED polimerizasyon cihazı, yüzey mikrosertliği açısından eşit maruz kalma süresinde, laboratuvar LED polimerizasyon cihazı kadar iyi performans göstermiştir. Yaşlandırma işlemi test edilen indirekt kompozit rezinlerin yüzey mikrosertlik derecesini polimerizasyon prosedüründen bağımsız olarak etkilemiştir.

ÇIKAR BEYANI

Yazarlar, bu araştırma için materyal sağladıkları için GC Company ve Shofu Dental'e teşekkür eder. Yazarların bu makalede materyalleri yer alan şirketlerde herhangi bir mali çıkarı bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, istatistiksel destek için Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'ndan Dr. Öğr. Üyesi Sevilay KARAHAN'a teşekkür eder.

KAYNAKLAR

1. Dourado Loguercio A, Roberto de Oliveira Bauer J, Reis A, Miranda Grande RH. In vitro microleakage of packable composites in class II restorations. *Quintessence Int* 2004; 35: 29-34.
2. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater* 2012; 28: 87-101. doi: 10.1016/j.dental.2011.09.003
3. Hickel R, Manhart J. Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent* 2001; 3: 45-64.
4. De Munck Jd, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-132. doi: 10.1177/154405910508400204
5. Imai H, Koizumi H, Kodaira A, Okamura K, Akahane S, et al. Properties of indirect composites polymerized with laboratory light-emitting diode units. *J Oral Sci* 2019; 61: 178-183. doi: 10.2334/josnusd.18-0147
6. Kuşçu HYY, Kürkçüoğlu I. Farklı yaşlandırma işlemlerinin bir seromerin yüzey özelliklerine etkisinin değerlendirilmesi. *SDÜ Sağlık Bilimleri Dergisi* 2019; 10: 217-223. doi: 10.22312/sdusbed.569159
7. Grazioli G, Francia A, Cuevas-Suárez CE, Zanchi CH, Moraes RRD. Simple and low-cost thermal treatments on direct resin composites for indirect use. *Braz Dent J* 2019; 30: 279-284. doi: 10.1590/0103-6440201902473
8. Nakazawa M. Color stability of indirect composite materials polymerized with different polymerization systems. *J Oral Sci* 2009; 51: 267-273. doi: 10.2334/josnusd.51.267
9. Souza RO, Özcan M, Michida SM, De Melo RM, Pavanelli CA, et al. Conversion degree of indirect resin composites and effect of thermocycling on their physical properties. *J Prosthodont* 2010; 19: 218-225. doi: 10.1111/j.1532-849X.2009.00551.x
10. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater* 2007; 23: 51-59. doi: 10.1016/j.dental.2005.12.003
11. Mayinger F, Reymus M, Liebermann A, Richter M, Kubryk P, et al. Impact of polymerization and storage on the degree of conversion and mechanical properties of veneering resin composites. *Dent Mater J* 2021; 40: 487-497. doi: 10.4012/dmj.2019-394
12. Dias MF, Espindola-Castro LF, Lins-Filho PC, Teixeira HM, Silva CHV, et al. Influence of different thermopolymerization methods on composite resin microhardness. *J Clin Exp Dent* 2020; 12: e335. doi: 10.4317/jced.56772
13. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties of new composite restorative materials. *Journal of biomedical materials research: an official journal of the society for biomaterials, the Ja-*

panese society for biomaterials, and the Australian society for biomaterials and the Korean society for biomaterials. J Biomed Mater Res A 2000; 53: 353-361. doi: 10.1002/1097-4636(2000)53:4<353::AID-JBM9>3.0.CO;2-B

14. Miranda CB, Pagani C, Bottino MC, Benetti AR. A comparison of microhardness of indirect composite restorative materials. J Appl Oral Sci 2003; 11: 157-161. doi: 10.1590/S1678-77572003000200013

15. Alves PB, Brandt WC, Neves ACC, Cunha AG. Mechanical properties of direct and indirect composites after storage for 24 hours and 10 months. Eur J Dent 2013; 7: 117-122. doi: 10.1055/s-0039-1699005

16. Szalewski L, Wójcik D, Sofińska-Chmiel W, Kuśmierz M, Różyło-Kalinowska I. How the duration and mode of photopolymerization affect the mechanical properties of a dental composite resin. Mater 2022; 16: 113. doi: 10.3390/ma16010113

17. Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. J Dent 2014; 42: 977-985. doi: 10.1016/j.jdent.2014.05.012

18. Maghaireh G, Price R, Abdo N, Taha N, Alzraikat H. Effect of thickness on light transmission and vickers hardness of five bulk-fill resin-based composites using pol-ywave and single-peak light-emitting diode curing lights. Oper Dent 2019; 44: 96-107. doi: 10.2341/17-163-L

19. Kurt A, Özyurt E, Topcuoğlu N. Effect of different beverages on surface properties and cariogenic biofilm formation of composite resin materials. Microsc Res Tech 2021; 84: 2936-2946. doi: 10.1002/jemt.23852